



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

PREDIÇÃO DA VAZÃO E PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS PARA A BACIA DO RIO DAS ALMAS, GOIÁS.

Cláudia Adriana Bueno da Fonseca ^(a), Richarde Marques da Silva ^(b), Vanine Elane Menezes de Farias ^(c)

^(a) Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG), Centro de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade Federal da Paraíba/UFPB, clabf2004@yahoo.com.br

^(b) Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG), Centro de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade Federal da Paraíba/UFPB, richarde@geociencias.ufpb.br

^(c) Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/UFPB/CNPq. - Centro de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade Federal da Paraíba/UFPB, vaninemenezesf@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O objetivo desse trabalho é estimar a produção de sedimento na bacia do rio das Almas/Go utilizando modelo SWAT. Para desenvolver este trabalho utilizou-se os seguintes produtos: uso do solo 1991, mapa de solos, MDE, dados hidrometeorológicos (1968–1994). Para calibração dos parâmetros do modelo utilizou o programa SWAT-CUP. Para verificação do desempenho do modelo utilizou-se dois parâmetros estatísticos: (a) coeficiente de eficiência do Nash-Sutcliffe (Ns) e (b) coeficiente de determinação (R^2). Os resultados obtidos na calibração indicaram bom desempenho, com valores de $R^2 = 0,72$ e $Ns = 0,67$ para estação Jaraguá, que recebe fluxo de 73 subbacias com vazão média observada $34,57 \text{ m}^3/\text{s}$ e $38,86 \text{ m}^3/\text{s}$ para ajustado, diferença $4,29 \text{ m}^3/\text{s}$. Para estação Colônia dos Americanos obteve um desempenho muito bom com valores $R^2 = 0,87$ e $Ns = 0,82$, vazão média observada é de $346,80 \text{ m}^3/\text{s}$ e ajustada em $426,96 \text{ m}^3/\text{s}$, tendo diferença $80,96 \text{ m}^3/\text{s}$, que recebem fluxos 503 subbacias.

Palavras chave: processos hidrossedimentológicos; uso do solo; modelo SWAT; SWAT-CUP.

1. Introdução

O uso de um modelo hidrossedimentológico torna-se objeto de estudo para uma bacia hidrográfica (BRESSIANI et al., 2015), que tem como propósito analisar o comportamento de um sistema, utilizando dados de entrada relacionados às características físicas da área para simular os processos das condições naturais, e de saída gerando resultados para diversas

instâncias e formas de aplicações (TUCCI, 1998). Dentre os modelos, o *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) constitui-se uma ferramenta eficiente para modelagem em grandes bacias hidrográficas, e foi desenvolvido pelo *Agricultural Research Service/Department of Agriculture* (USDA), dos Estados Unidos. Este modelo é do tipo físico-matemático com parâmetros distribuídos que permite simular diferentes processos físicos com o objetivo final, de avaliar os impactos da mudança do uso do solo, no escoamento superficial e subterrâneo, na produção de sedimentos entre outros (COLLISCHONN e TUCCI, 2001).

A utilização do modelo SWAT na bacia hidrográfica do rio das Almas (BHRA), no estado de Goiás, situada no bioma Cerrado, consiste em estimar a produção de sedimentos resultante das atividades antrópicas que modificam a paisagem e produzem alterações na estrutura do solo e, conseqüentemente, predispõe o solo à erosão hídrica acelerada, por conseguinte, nos processos hidrossedimentológicos (CARVALHO, 2008; CAMAPUM DE CARVALHO et al., 2006).

Diante dessa complexidade, a área em estudo, teve alterações significativas na paisagem, em função do processo dinâmico das fronteiras agrícolas. Os aspectos mais afetados, certamente, são os recursos naturais, com destaque para as áreas originais que foram convertidas em agropecuária. Segundo o Anuário Estatístico do Estado de Goiás (SEGPLAN/IMB, 1992), tais conversões no uso da BHRA, resultaram na diversificação de culturas permanentes (banana, café e laranja), temporárias (mandioca, milho, cana-de-açúcar, arroz, feijão e soja) e o plantio na safrinha (milho). As práticas agrícolas envolvem sistemas de manejo (convencional e o plantio direto) no preparo do solo com equipamentos agrícolas, além de incluírem uso extensivo de fertilizantes e calcário.

Dentre os sistemas, o convencional torna-se prejudicial em decorrência da utilização de arados ou grades pesadas, que visam afrouxar o solo para incorporação de corretivos, fertilizantes, resíduos vegetais e para a descompactação superficial. Contudo, tem como desvantagem causar compactação da camada subsuperficial, degradação da estrutura do solo, expõe o solo aos agentes intemperes, e intensifica a perda de solo e a produção de sedimentos (EMBRAPA, 1999; LEPSCH, 2010). Assim, este trabalho tem como objetivo estimar a produção de sedimentos na bacia do rio das Almas/Go, utilizando o modelo SWAT.

2. Materiais e Métodos

2.1 – Caracterização da área de estudo

A BHRA está localizada no bioma Cerrado, tendo uma área de aproximadamente de 18.636,83 km², e está inserida na Mesorregião Centro Goiano do Estado de Goiás,

precisamente entre coordenadas latitude 14°30'00"S e 16°10'00"S e longitude 50°05'00"W e 48°45'00"W, e abrange 44 municípios goianos (SEGPLAN/IMB, 2016) (Figura 1).

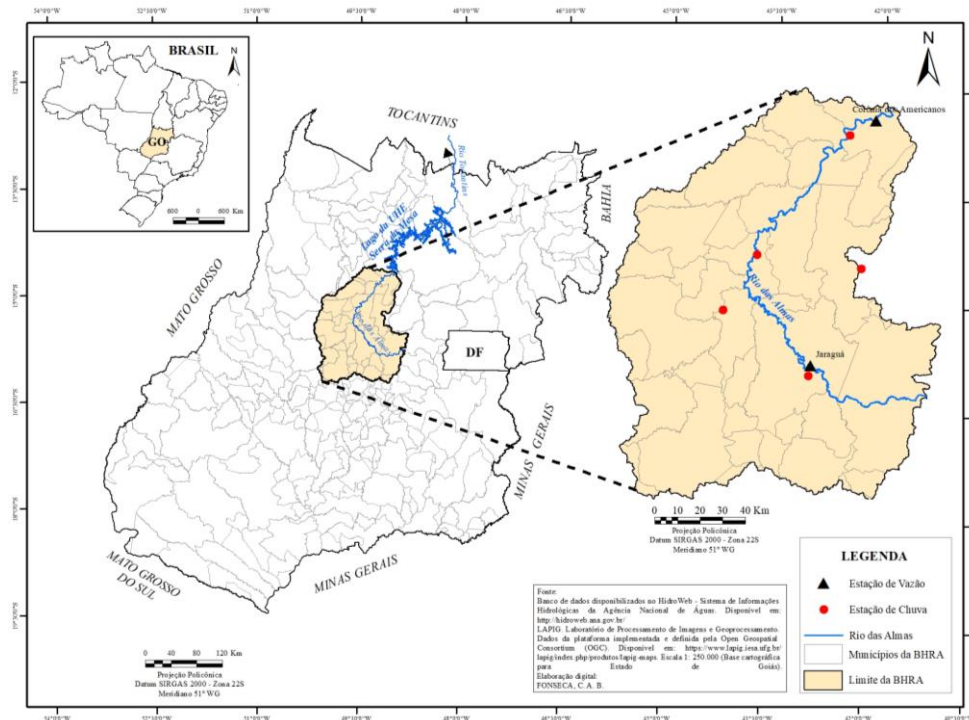


Figura 1– Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio das Almas – Estado de Goiás, Brasil.

Os solos predominantes da BHRA são classificados pela Embrapa (1999) como Latossolos vermelho, Cambissolos, Argissolos vermelhos, Chernossolos e Neossolos litólicos distróficos, ocupando, respectivamente, 53,71%, 18,10%, 15,01%, 8,44% e 4,73% da área total da bacia. O relevo foi dividido em cinco classes de declividade delimitadas com base no modelo digital de elevação (MDE) e adaptadas à rotina de cálculos do modelo conforme classificação a seguir: 0 a 5% (29,97%); 5 a 10% (35,39%); 10 a 15% (16,66%); 15 a 20% (7,78%) e acima de 20% (10,19%).

Na classificação de Köppen, o clima da BHRA é do tipo Aw (tropical quente sub-úmido), caracterizado por duas estações bem definidas uma chuvosa e outra seca. As maiores ocorrências de chuvas estão concentradas no período de outubro a março, nesse período concentra 86% do total anual de pluviosidade, com precipitação média anual em torno 1.500 mm, enquanto, na estação seca fica em torno de 198,4 mm. As temperaturas apresentam variações expressivas ao longo do ano, decorrente dos fatores físico-geográficos e dinâmicos, com as médias mínima oscilando em torno de 20,8°C com as máximas de 34,1°C.

2.2 - Metodologia de trabalho

Para essa pesquisa, foi utilizado os seguintes produtos: uso do solo de 1991, mapa de solos, modelo digital de elevação (MDE) e dados hidrometeorológicos de 1968 a 1994. Para o mapeamento do uso do solo utilizou-se as imagens de satélite LANDSAT 5/TM (R5G4B3) de Órbitas/Pontos: 222/070 e 222/071, com Resolução espacial de 30 metros (data:13/06/1991), compiladas na plataforma USGS (*Science for a changing world*) *Earth Explore*. Tais imagens foram manipuladas em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), no *software* Arcgis 10.3 que permitiu a classificação não supervisionada e supervisionada das referidas cenas.

Para os parâmetros dos tipos de solos e suas características físico-hídricas, foi utilizada a base cartográfica produzida e classificada pela Embrapa (1999), na escala 1:250.000.

O modelo digital de elevação (MDE), derivado dos dados do *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) 1 Arc-Second Global com resolução de 30 × 30 m, via digital, obtidos a partir da fonte de dados do *site* USGS (*Science for a changing world*), de domínio público. Obteve-se as cenas: 14S51 e 14S495, 15S51 e 15S495, 16S51 e 16S495 (acesso em 14/04/2017), de referência WGS-84. Conversão para o *Datum South American: SIRGAS 2000 UTM 22S* no *software* ArcGis 10.3.

Os dados utilizados de séries históricas de precipitação e vazão, compiladas na plataforma da Agência Nacional de Águas (ANA/HidroWeb) (Figura 1), as seguintes estações fluviométricas: Colônia dos Americanos (cód. 20490000) período 1974 a 1988; e Jaraguá (cód. 20100000) no período 1965 a 1994. E as estações pluviométricas, no período de 1965 a 1994: Jaraguá (cód. 01549003), Uruana (cód. 01549009), UHE Serra da Mesa Fazenda Cajupira (cód. 01449005), Goianésia (cód. 01549001) e UHE Serra da Mesa Ceres (cód. 01549000). Além dos dados meteorológicos de 1965 a 1994 (temperaturas máxima e mínima, insolação, umidade, evaporação e velocidade dos ventos), do *site* do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

2.2.1 - Modelo SWAT

No modelo SWAT, os processos físicos são diretamente modelados com base nos dados de entrada, e a interface é capaz de armazenar dados geoespaciais (modelo digital de elevação, uso e ocupação do solo e tipos de solos), enquanto, numéricos e de texto caracterizam os dados espaciais, climáticos e hidrológicos (ABBASPOUR, 2012). É vinculado às técnicas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Gerou-se a delimitação automática da BHRA (aproximadamente 18.636,83 km²), através do MDE, e posteriormente, consistiu na discretização da área em 503 subbacias e optou-se pelas dominâncias das

Unidades de Resposta Hidrológica (*Hydrologic Response Units – HRUs*), o que o caracteriza como um modelo semi-distribuído, e contínuo no tempo, em que os fenômenos tem a capacidade de simular longos períodos diário, mensal ou anual (ARNOLD et al., 2012).

Os processos hidrológicos simulados na bacia hidrográfica pela equação do balanço hídrico (ARNOLD et al., 2012; NEITSCH et al., 2011), representada pela Equação 1:

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (P_d - Q_{sup} - E_a - W_{vad} - Q_{sub}) \quad (1)$$

onde SW_t a quantidade final de água no solo (mm); SW_0 a quantidade inicial de água no solo (mm); t o tempo (dias); P_d a precipitação acumulada no dia; Q_{sup} representa o escoamento superficial acumulado no dia i (mm); E_a é quantidade de água que evapotranspirou no dia i (mm); W_{vad} a quantidade de percolação e de desvio de fluxo que sai do perfil do solo no dia i ; Q_{sub} é a quantidade do fluxo de retorno no dia i (mm).

Para estimar o escoamento a partir do método de Green e Ampt, requer os dados subsidiários de precipitação da bacia, pela Curva Número, desenvolvido para estimar o escoamento para os diferentes usos da terra e tipos de solo (RALLISON e MILLER, 1981). Representada pela Equação 2:

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - 0.2S)^2}{(R_{day} - 0.8S)} \quad (2)$$

sendo, Q_{surf} é o escoamento superficial (mm); R_{day} é a precipitação para o dia (mm); e S representa o parâmetro de retenção (mm). Segundo Neitsch et al. (2011), este parâmetro varia espacialmente e temporalmente na bacia, de acordo com sua alteração do solo, uso e ocupação da terra, declividade e as mudanças de umidade. Representada pela Equação 3:

$$S = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (3)$$

em que, CN indica o número da curva para o dia, sendo um parâmetro com valores tabelados de 1 a 100, estando relacionado a permeabilidade e a capacidade de retenção máximas do solo.

Para estimar a produção de sedimentos, que por sua vez, utiliza-se da Equação Universal de Perda do Solo Modificada (MUSLE) (WILLIAMS, 1975). Representada pela Equação 4:

$$sed = 11,8 \cdot (Q_{surf} \cdot q_{peak} \cdot area_{hru})^{0,56} \cdot K_{USLE} \cdot C_{USLE} \cdot P_{USLE} \cdot L_{USLE} \cdot CFRG \quad (4)$$

sendo que, sed é a produção de sedimento em um determinado dia (toneladas métricas); Q_{surf} é o volume do escoamento superficial (mm/ha); q_{peak} é o índice máximo de escoamento (m^3/s); $area_{hru}$ é a área de HRU (ha); K_{usle} é o fator de erodibilidade do solo USLE (0,013 toneladas métricas em $m^2h/(m^3 - toneladas métricas cm)$); C_{USLE} é o fator de cobertura e

gestão USLE; PUSLE é o fator de prática de apoio USLE; LSUSLE é o fator topográfico USLE; CFRG é o fator de fragmento bruto.

2.2.2 - Calibração e validação do modelo

A calibração automática foi realizada a partir da utilização do *software* de domínio público SWAT-CUP (disponível no *site* SWAT/ TAMU). No procedimento de calibração no SWAT-CUP, que foi efetuado para as diferentes estações Jaraguá e Colônia dos Americanos, possibilitou realizar as análises de incertezas, e optou-se pelo SUFI2 (*Sequential Uncertainty Fitting*) e 500 simulações. Para BHRA foram definidos e calibrados 12 parâmetros (ALPHA_BF; CN2; ESCO; GW_DELAY; GW_REVAP; GWQMN; CH_N2; RCHRG_DP; SOL_AWC; SOL_K; SURLAG; CANMIX), nos quais foram considerados mais influentes no processo hidrossedimentológico.

Na etapa da calibração utilizou-se o período de dados observados, disponível no sistema de informações hidrológicas-HidroWeb, séries históricas, no *site* da ANA/ HidroWeb. E posteriormente, transformados em intervalo de dados em médias mensais para estação Jaraguá de 1968 a 1980 e para Colônia dos Americanos o período 1974 a 1980, já considerando o período de aquecimento do modelo de três anos. Para a validação utilizou-se os dados das médias mensais para o período de 1980 a 1994 para estação Jaraguá e de 1980 a 1988 para estação Colônia dos Americanos, para uso do solo 1991 da BHRA

Para o índice de desempenho, foi empregada análise da comparação entre as vazões observadas e as simuladas, utilizando dois métodos estatísticos: (a) coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe (Ns), e (b) coeficiente de determinação de Pearson (R²). O Ns pode variar de -∞ (infinito negativo) a 1 (associação perfeita), obtido pela Equação 5:

$$NS = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n (E_m - E_s)^2}{\sum_{i=1}^n (E_m - \overline{E_s})^2} \right) \quad (5)$$

onde, NS analisa o comportamento dos dados simulados em relação aos dados observados; E_m o evento observado; E_s o evento simulado pelo modelo; $\overline{E_s}$ a média do evento observado no período de simulação; e *n* o número de eventos.

O R² mede a associação linear entre duas variáveis, também variando de -∞ (infinito negativo) a 1 (associação perfeita), sendo obtido pela Equação 6:

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_m)(x_i - x_m)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - y_m)^2 \sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2}} \right)^2 \quad (6)$$

onde, x_i os valores observados; x_m a média dos valores observados; y_i os valores calculados pelo modelo; y_m a média dos valores calculado pelo modelo; e *n* o número de eventos.

Para classificação do desempenho da modelagem no SWAT foi adotada a análise R^2 e NS, e definida de acordo com Moriasi et al. (2007), sendo: Muito Boa ($0,80 < R^2 < 1,0$ e $0,75 < NS < 1,0$); Boa ($0,70 < R^2 < 0,80$ e $0,65 < NS < 0,75$); Satisfatória ($0,60 < R^2 < 0,70$ e $0,60 < NS < 0,70$); Insatisfatória ($R^2 = 0,60$ e $NS = 0,50$).

3. Resultados e discussão

A Figura 2 mostra o uso e ocupação do solo representativos no contexto da BHRA, para ano de 1991. As classes de vegetação natural representativas na BHRA, como Cerradão/Floresta, Cerrado típico e também o corpo hídrico, ocupavam, respectivamente 8,18%, 7,47% e 0,53%. Enquanto, as outras classes que resultaram da ação antrópica ocupavam 36,33% para as áreas de pastagem, agricultura com 19,64%, o solo exposto com 14,47% e área urbana 0,22%. Percebe-se nos dados que agropecuária havia uma importância significativa no contexto da bacia.

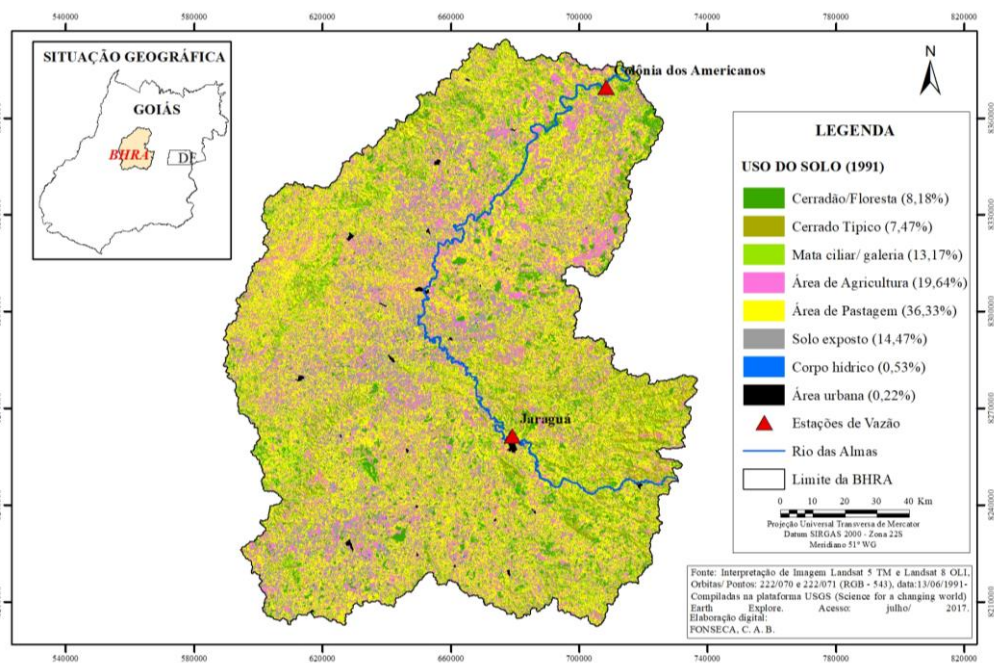


Figura 2 – Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Rio das Almas/GO (1991).

Ao identificar o uso do solo para ano 1991 para as duas estações Jaraguá e Colônia dos Americanos, o modelo SWAT permitiu analisar separadamente o comportamento das vazões e os processos hidrossedimentológicos para BHRA. Nas Figuras 3 (A e B); 4 (A e B); apresentam os hidrogramas das vazões observadas e calibradas para uso do solo de 1991 e hietogramas dos dados de precipitação média observada para estação Jaraguá para o período de 1968 a 1994 e no período 1974 e 1988 para Colônia dos Americanos. Os resultados obtidos na calibração indicaram bom desempenho do modelo, e uma estreita relação entre o fluxo mensal observado e ajustado, com valores de $R^2 = 0,72$ e $Ns = 0,67$ para estação Jaraguá

que recebe fluxo de 73 subbacias, e um desempenho muito bom para estação Colônia dos Americanos com valores do $R^2 = 0,87$ e $Ns = 0,82$, que recebe fluxo de 503 subbacias. Enquanto, para as vazões médias observadas e ajustadas para duas estações foram as seguintes: para estação Jaraguá apresentou vazão observada de $34,57 \text{ m}^3/\text{s}$ e $38,86 \text{ m}^3/\text{s}$ para vazão ajustada, e diferença foi de $4,29 \text{ m}^3/\text{s}$. E para estação Colônia dos Americanos que recebe maior fluxo e está localizada a jusante da bacia, os resultados da vazão média observada foi de $346,80 \text{ m}^3/\text{s}$ e ajustada em $426,96 \text{ m}^3/\text{s}$, tendo uma diferença de $80,96 \text{ m}^3/\text{s}$. Portanto, os resultados mensais da simulação são satisfatórios e o modelo também foi capaz de acompanhar muito bem as tendências sazonais.

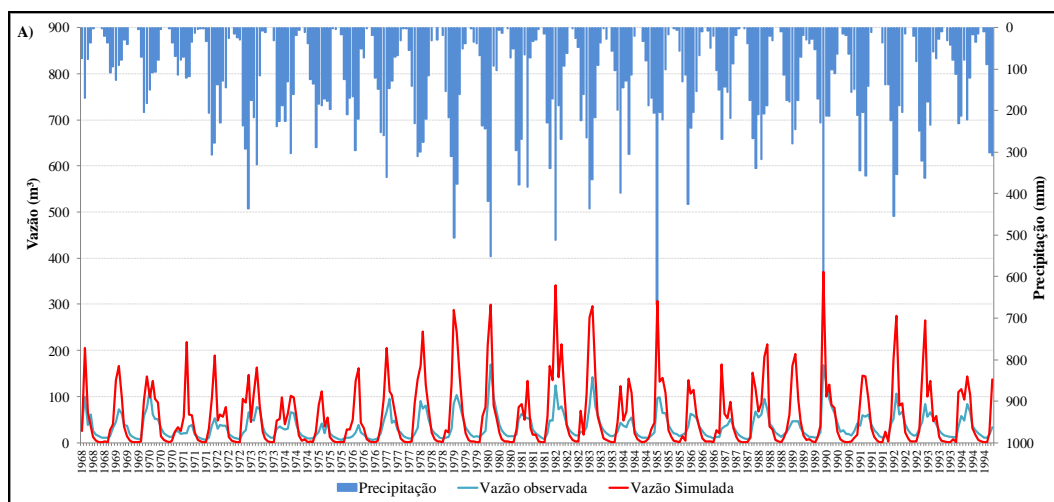


Figura 3 - A - Hidrograma das vazões observadas e simulada para uso do solo de 1991, e hietograma da precipitação média observada para estação Jaraguá para o período de 1968 a 1994.

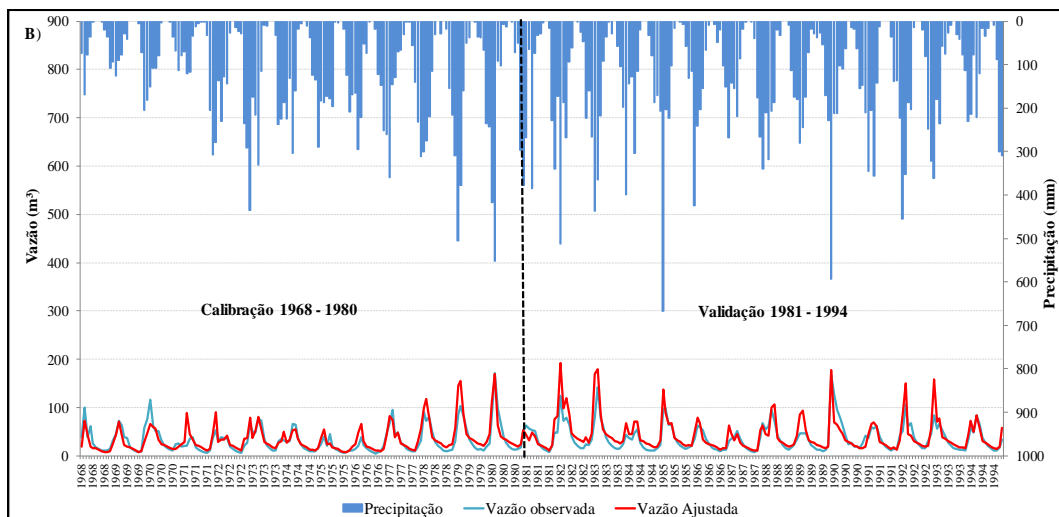


Figura 3 - B – Hidrograma das vazões observadas e calibrados para uso do solo de 1991, e hietograma da precipitação média observada para estação Jaraguá para o período de 1968 a 1994.

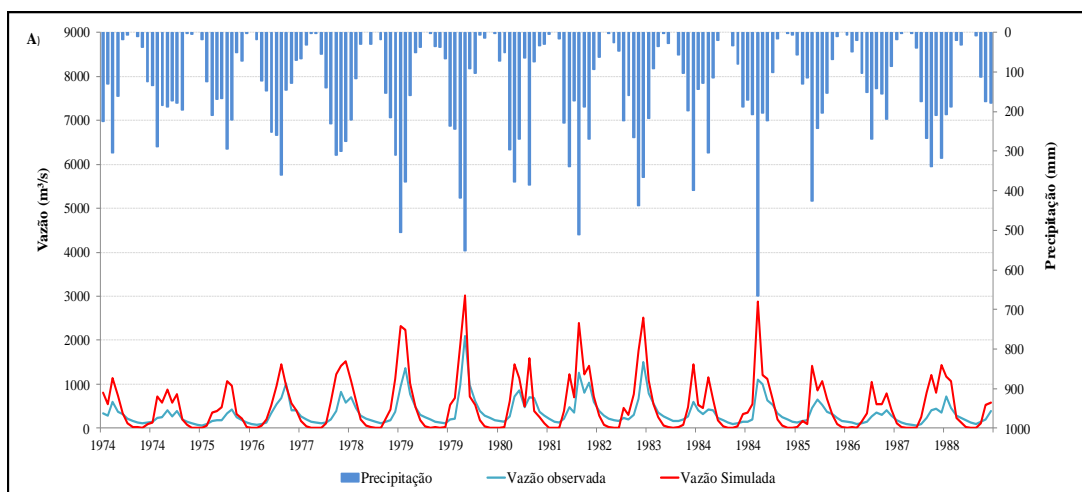


Figura 4 - A – Hidrograma das vazões observadas e simulado para uso do solo de 1991, e hietograma da precipitação média observada para estação Colônia dos Americanos para o período de 1974 a 1988.

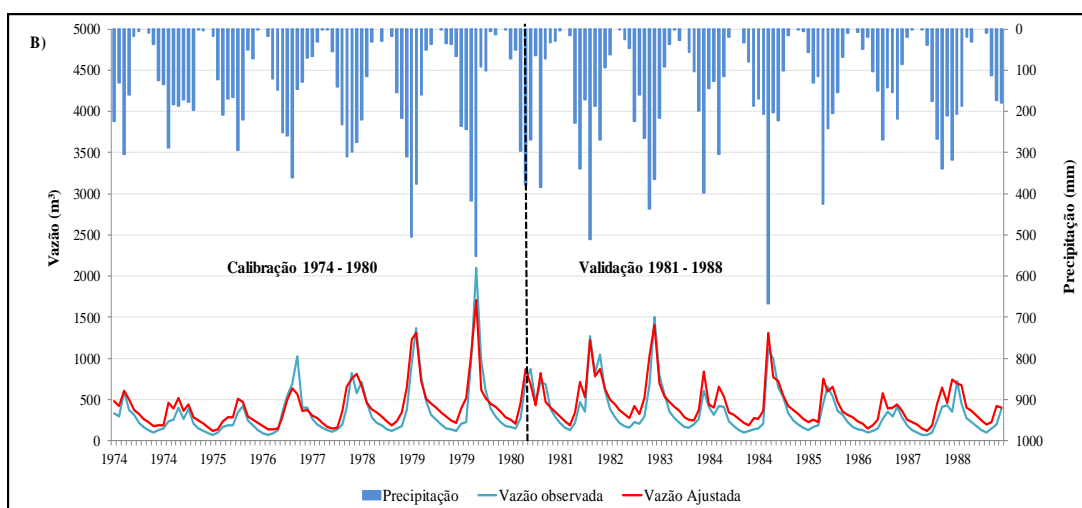


Figura 4 - B – Hidrograma das vazões observadas e calibrados para uso do solo de 1991, e hietograma da precipitação média observada para estação Colônia dos Americanos para o período de 1974 a 1988.

A Figura 5 mostra o comportamento da relação entre fluxo observado e a produção de sedimentos. Com base nos resultados utilizando o cenário do uso de 1991, para mesmo período de chuva (1968-1994), observou-se que a relação fluxo-erosão apresentou elevação na produção de sedimentos gradativa para os anos de 1976, 1977, 1978 e 1979. Logo, em 1980 e 1981 houve uma tendência inversa dos anos anteriores. Em compensação em 1982, 1983, 1985, 1989 e 1992 houve uma elevação significativa na produção de sedimento, que possivelmente, em função do uso do solo.

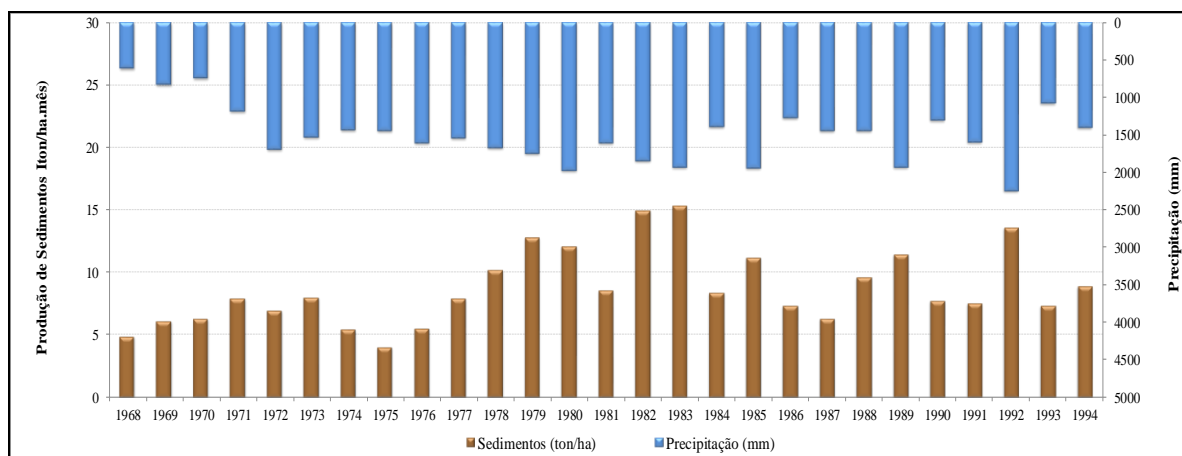


Figura 5 – Cenário do comportamento da precipitação e produção de sedimentos entre o período de 1968 a 1994 para a BHRA, utilizando uso do solo de 1991.

4. Considerações finais

Neste estudo o modelo SWAT mostrou eficiência na modelagem para a BHRA na simulação da vazão e produção de sedimentos no período de 1968 a 1994. A partir dos resultados obtidos e através da avaliação de desempenho da aplicação, pode-se entender que este modelo é considerado uma ferramenta valiosa para a calibração de chuva-vazão-produção de sedimentos e, conseqüentemente, para o manejo dos recursos hídricos desta bacia e para outras bacias hidrográficas do Estado de Goiás. E recomendo utilizar a calibração em conjunto de dados de vazões para as estações Jaraguá e Colônia dos Americanos para o programa SWAT-CUP, no sentido de otimização e análise a fim de avaliar a representação dessa calibração para BHRA.

Agradecimentos

Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Centro de Ciências Exatas e da Natureza e Departamento de Geociências/UFPB. E a Universidade Estadual de Goiás - Campus Cora Coralina/UEG pela concessão de afastamento integral, dedicação à pesquisa e às atividades do Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG - CCEN – UFPB.

Referências Bibliográficas

ABBASPOUR, K.C. **SWAT-CUP 2012: SWAT Calibration and Uncertainty Programs – a user manual**. Department of Systems Analysis, Integrated Assessment and Modelling (SIAM), Eawag, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf, Switzerland, 2012. 95 p.

ANA. Agência Nacional das Águas. **Banco de dados HidroWeb**. Brasília (DF), 2005. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>>. Acesso em: outubro/ 2017.

ARNOLD, J. G.; MORIASI, D. N.; GASSMAN, P. W.; ABBASPOUR, K. C.; WHITE, M. J.; SRINIVASAN, R.; SANTHI, C.; HARMEL, R. D.; VAN GRIENSVEN, A.; VAN LIEW, M. W.; KANNAN, N.; JHA, M. K. SWAT: Model Use, Calibration, and Validation. 2012. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, Transactions of the ASABE, v. 55(4), 2012, p. 1491-1508.

BRESSIANI, D. A.; GASSMAN, P. W.; FERNANDES, J. G.; GARBOSSA, L. H. P.; SRINIVASAN, R.; BONUMA, N. B.; MENDIONDO, E. M. Review of soil and water assessment tool (SWAT) applications in Brazil: challenges and prospects. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, Beijing, V. 8, n. 3, 2015. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/3a40/0804692be6f89588042d3f2d8ed19aeda2cc.pdf>> . Acesso em: fevereiro/2018.

CAMAPUM DE CARVALHO, J. C.; SALES, M. M.; SOUSA, N. M.; MELO, M. T. S. (org.). **Processos erosivos no Centro-Oeste brasileiro**. Brasília (DF): Universidade de Brasília: FINATEC, 2006. 1198p.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia** prática. 2ª ed. rev., atual., ampliada. Rio de Janeiro (RJ): Interciência, 2008. 599p.

COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. Simulação hidrológica de grandes bacias. Porto Alegre (RS): RBRH – **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.6, n.1, Jan/Mar 2001, p.95-118, 2001. Disponível em: <https://abrh.s3-sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/42/b0a907b2f768dd79ee670aedd81b1e87_a70d73b3aa2ef8d5a8926eab4d2513e3.pdf> . Acesso em: novembro/ 2017.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de solo**. 4ª aproximação/ Centro Nacional de Pesquisa do Solo. Rio de Janeiro (RJ): EMBRAPA, 1999. 412p.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2010. 216p.

MORIASI, D. N.; ARNOLD, J. G.; VAN LIEW, M. W.; BINGNER, R. L.; HARMEL, R. D.; VEITH, T. L. Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, v. 50, n.3, 2007, p. 885-900

SEGPLAN/IMB. Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento. **Anuário Estatístico do Estado de Goiás - 1992**. Goiânia (GO): Instituto Mauro Borges de estatísticas e estudos socioeconômicos (IMB), 1992. Disponível em: <http://www.imb.go.gov.br/> - Acesso em: agosto/ 2018.

SEGPLAN/IMB. Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento. **Anuário Estatístico do Estado de Goiás - 2016**. Goiânia (GO): Instituto Mauro Borges de estatísticas e estudos socioeconômicos (IMB), 2016. Disponível em: <<http://www.imb.go.gov.br/>> - Acesso em: agosto/ 2018.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: agosto/ 2017

NEITSCH, S.L.; ARNOLD, J.G.; KINIRY, J.R.; WILLIAMS, J.R. **Soil and water assessment tool: Theoretical documentation** - version 2009. Grassland, Soil and Water Research Laboratory - Agricultural Research Service; Blackland Research Center – Texas Agricultural Experiment Station, 2011. 647p.

RALLISON, R. E.; MILLER, N. Past, present and future SCS runoff procedure. In.: V.P. Singh (ed.). **Rainfall runoff relationship**. Water Resources Publication, Littleton, CO, 1981.

SWAT. Soil & Water Assessment Tool. Disponível em: <https://swat.tamu.edu/>. Acesso em: agosto de 2017.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2ª ed. Porto Alegre (RS): Ed. Universidade UFRGS, 1998. 943p.

USGS (*Science for a changing world*) *Earth Explore*). Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: abril/ 2017.

WILLIAMS, J. R. Sediment-yield prediction with universal equation using runoff energy factor. In: **Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yield and Sources**. Washington D.C.: USDA, 1975, p. 244–252.